第二章 從地球上看天空

2.1 天球 (Celestial sphere)

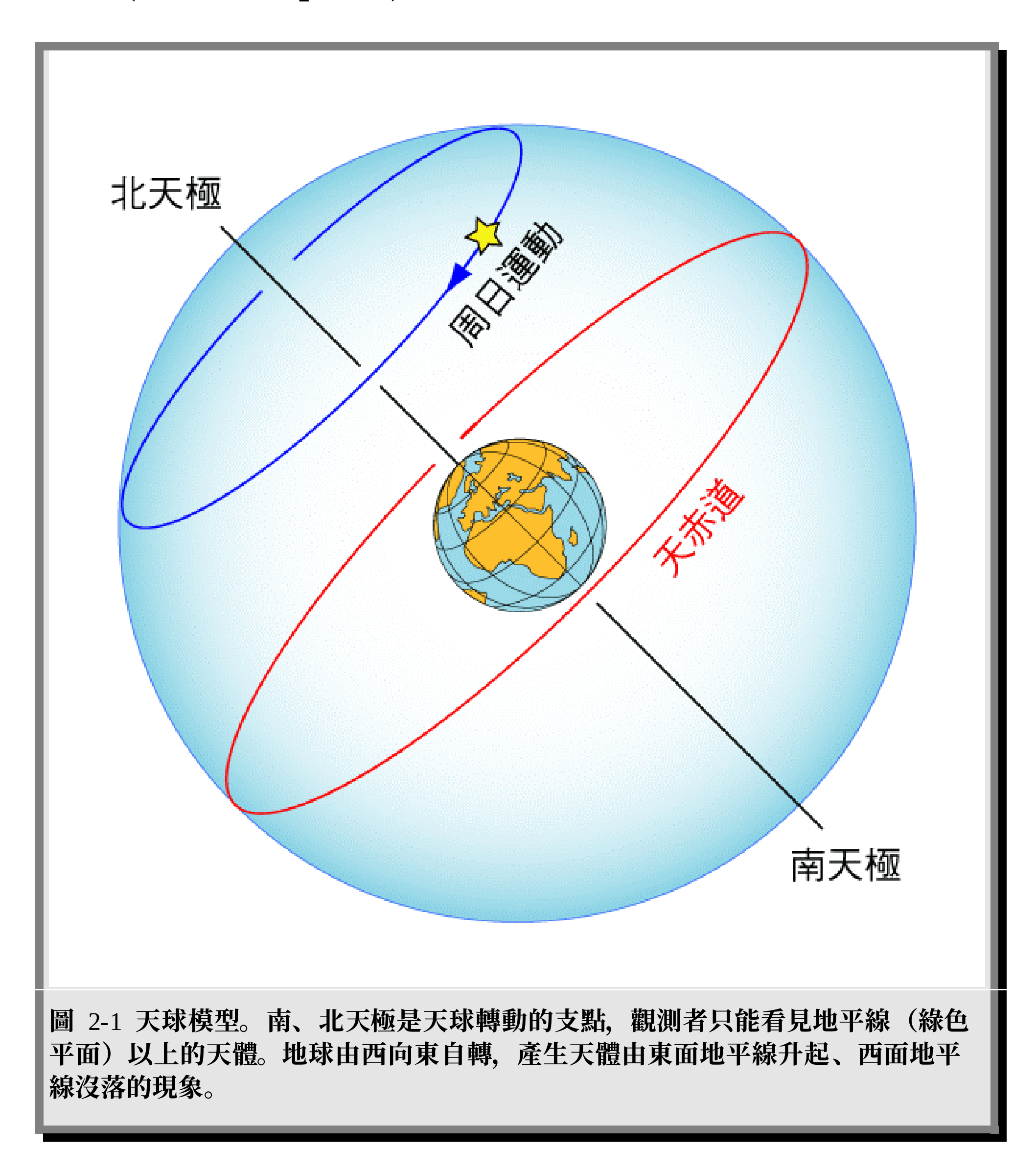


圖 2-1 天球模型。南、北天極是天球轉動的支點，觀測者只能看見地平線（綠色平面）以上的天體。地球由西向東自轉，產生天體由東面地平線升起、西面地平線沒落的現象。

- 為了描述天體在天空中的位置和運動而引入的假想模型。
- 假設所有天體都貼在一個以地球為中心的巨大圓球面上。
- 天體的週日運動 (Daily motion)
  - 地球由西向東自轉 (self-rotation)，觀測者隨地球自轉時看見的天體好像以相反方向 (由東向西) 移動。

    例如太陽東升西沒
  - 反過來說，我們可以想像天球由東向西自轉，每天自轉一週，附在天球面上的天體隨著天球繞著我們轉動。

- 天赤道 (**Celestial equator**)：位於天球面上的大圈，在地球赤道的正上方，把天球分為南北半球。

- 天極 (**Celestial poles**)：地球的自轉軸與天球相交於南天極和北天極。
  - 天球以南、北天極為支點，每天自轉一週
    - ⇒ 對地面觀測者來說，所有天球上的天體彷彿繞著南、北天極作圓周運動 (圖 2-3)
  - 北極星 (**Polaris**) 是一顆*接近*北天極的亮星。
    - ⇒ 對地面觀測者來說，它看起來幾乎完全靜止
  - 北天極的位置視乎觀測者的地理緯度。一般來說 (圖 2-3)

    北天極與地平線所成的夾角
    = 觀測者所在的地理緯度

    例如：在北極觀測，北極星位於天頂 (**zenith**)；在赤道觀測，北極星位於北方地平線上；在香港觀測，北極星位於北方地平線上 22.5° (香港的緯度)

- 在不同的地理緯度觀測，天體以不同的方式在天空上作週日運動(圖 2-4)
  - 在北極觀測，天體繞位於天頂的北天極旋轉，永不升落
  - 在赤道觀測，南、北天極分別位於南、北地平線上，所有天體都會升起和沒落
  - 在北半球的中緯度地區觀測，較近天赤道的天體東升西落，近北天極的天體永不沒落，近南天極的天體永不升起

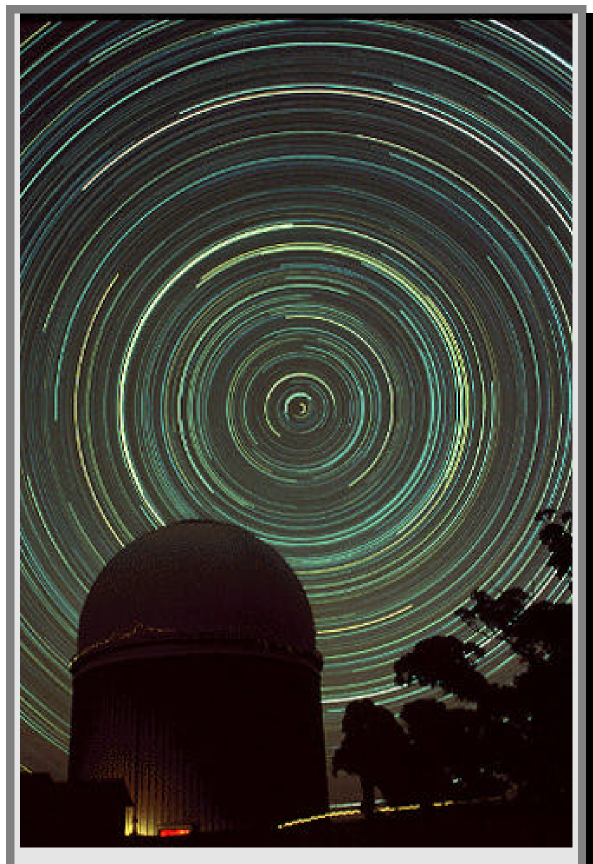


圖 2-2 星星週日運動的軌跡。星星繞著天極作圓周運動，每天自轉一週。

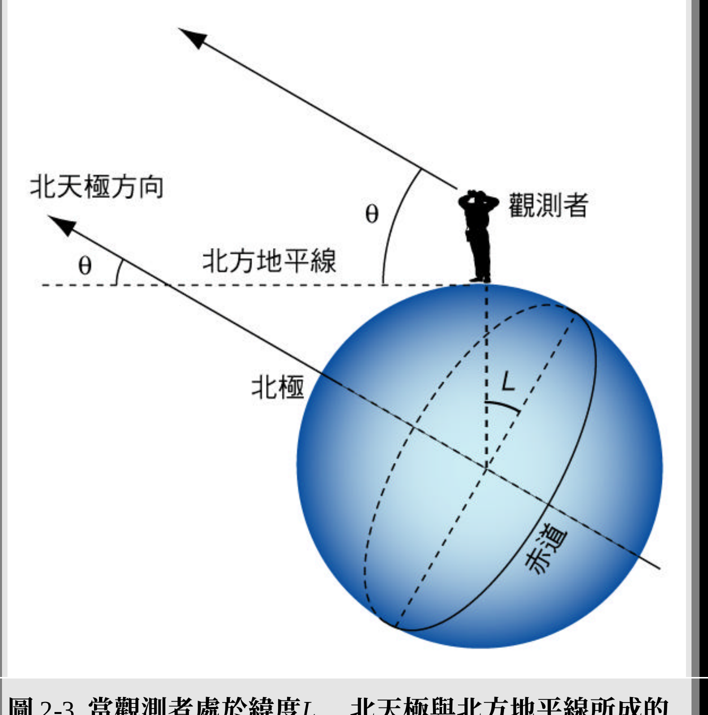


圖 2-3 當觀測者處於緯度*L*，北天極與北方地平線所成的角度*q* 便等於*L*。

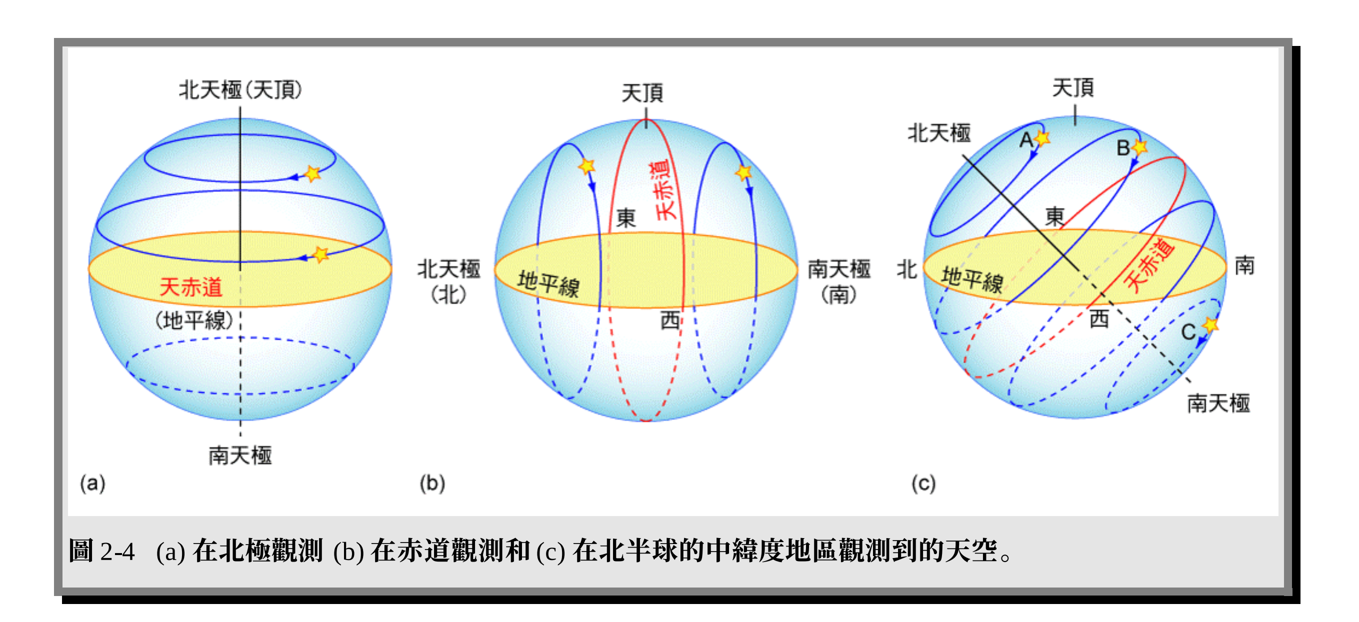


圖 2-4 (a) 在北極觀測 (b) 在赤道觀測和 (c) 在北半球的中緯度地區觀測到的天空。

- 地球並不是一個完美的球體，月球的引力吸引著地球表面凸起的部份
  - 地球的自轉軸像陀螺般作圓周運動 (圖 2-5)，週期約為 26,000 年，造成所謂歲差 (precession)
  - 北天極的位置不斷地改變
  - 不同時代有不同的北極星。例如：五千年前的北極星是天龍座 α 星 (Thuban, 或 α Draconis)。

圖 2-5 地球的自轉軸像一個陀螺般作圓周運動。地球的自轉軸現時正指向北極星。五千年前它指向天龍座 α 星 (Thuban)，在 12,000 年之後它就會指向織女星 (Vega)。

- 量度天球上天體的角度可以求得它們的視大小 (apparent size) 和視位置 (apparent position)：
  - 角度以度、分、秒來量度：繞圓形轉一圈 = 360° (度), 1° = 60′ (分), 1′ = 60″ (秒)
    例如：太陽與月球的視直徑 ≈ 0.5°
  - 把手掌維持在一隻手臂的距離可以作為一種便利的量度工具：
    手指在一隻手臂的距離所形成的角度 ≈ 1° (圖 2-6)
    張開的手掌在一隻手臂的距離所形成的角度 ≈ 18°
  - 天體的視大小和視位置只是它們從地球上觀測得的大小和方向，並不代表它們的真正大小和方向。

- **天球上的坐標：以赤經** (Right Ascension) **和赤緯** (Declination)**量度，其定義很類似地球的經度** (Longitude) **和緯度** (Latitude)。

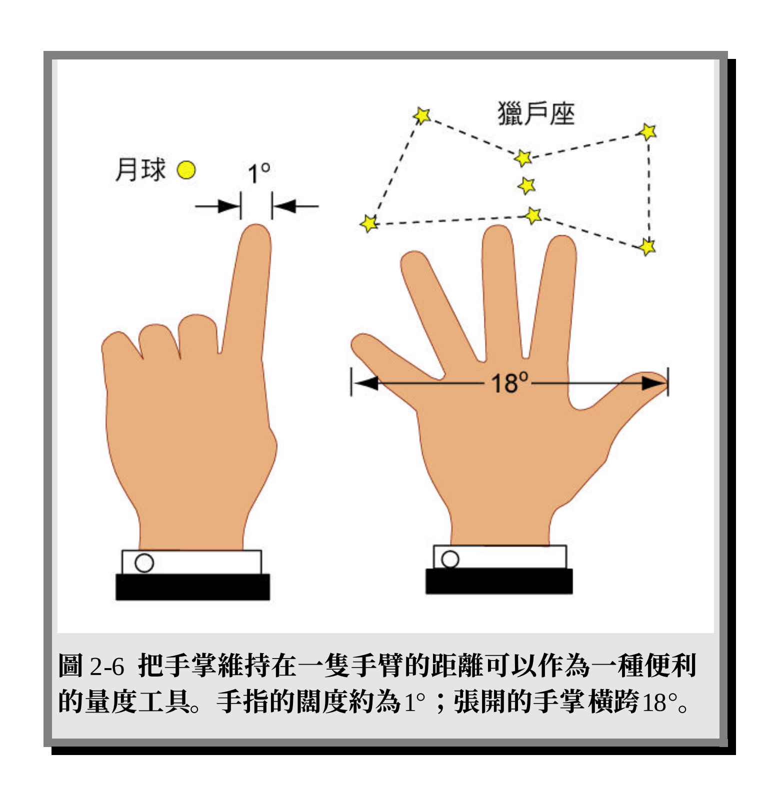


圖 2-6 **把手掌維持在一隻手臂的距離可以作為一種便利的量度工具。手指的闊度約為**1°**；張開的手掌橫跨**18°。



圖 2-7 **獵戶座** (Orion)。**亮星連在一起刻畫出獵人的形象。**

2.2 星座 (Constellation)

- **古人把天上的恆星連在一起，賦予一些形象和神話故事** (**圖** 2-7)。
- **現代定義：天球上疆界非常明確的區域。**
- **現代通用的星座有** 88 **個，有些是近代才增加的** (**例如望遠鏡座、杜鵑座等**)。
- **同一星座內的恆星通常沒有實際的連繫，恆星之間的距離可以非常遙遠** (**圖** 2-8)。
- **從地球上看，當天球自轉時，星座也隨之起落。**
- **地面觀測者所處的位置限制了他可以看見的星座** (**圖** 2-4)。

  例如：居住在北半球的觀測者永遠看不見一些位於南面天空的星座 (**它們永不在地平線上升起**)**，但可以經常看見一些接近北天極的星座** (**它們從不沒落**)。

地球
在天球上的投影

圖 2-8 **恆星位置的立體示意圖。同一星座內的恆星其實相距甚遠，地面觀者所見的只是恆星在天球面上的投影位置。**

- **太陽的視運動 (Apparent motion of the sun)**
  - **週日運動 (Daily motion)：由地球自轉引起。從地球上看，太陽好像貼在天球上，與其他天體一起，每天繞地球旋轉一週。**

    ⇒ 太陽與背景星空一同自東向西旋轉，每天自轉一週
  - **週年運動 (Yearly motion)：由地球繞太陽公轉引起。從地球上看，太陽好像在天球上緩慢地向東移動**

    ⇒ 太陽橫過天球面上的眾恆星，在天球面上劃出一條路徑，每年完成一週
- **黃道** (**Ecliptic**)**：太陽在天球面上週年運動的路徑** (**圖** 2-9)。

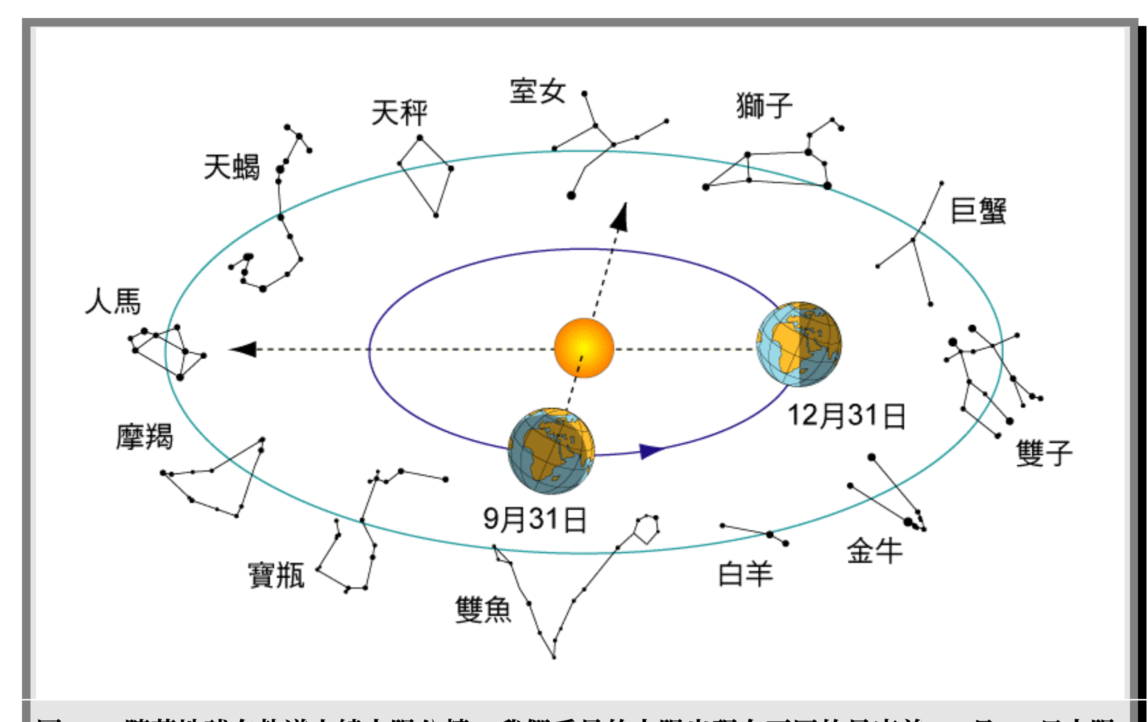


圖 2-9 **隨著地球在軌道上繞太陽公轉，我們看見的太陽出現在不同的星座前。**9 **月** 31 **日太陽在處女座** (Virgo) **前；**12 **月** 31 **日太陽在人馬座** (Sagittarius) **前。黃道就是地球繞太陽公轉的軌道平面與天球面相交的大圈。**

  - **黃道貫穿** 13 **個星座** (**包括占星學用的** 12 **個星座**)。
  - **我們夜間只能看見與太陽方向相反的星座。**

    例如：9 **月晚上可看見雙魚座** (Pisces)，**卻看不見處女座** (Virgo) (**圖** 2-9)。
  - **黃道與天赤道的夾角為** 23.5°。

2.3 星名

- **古人給最亮的恆星命名，例如天狼星** (Sirius)。
- **現代通用的系統：根據恆星之亮度給予希臘字母作識別。**
  - α **代表星座中最光亮的恆星；**β**代表星座中第二光亮的恆星；如此類推。**

    例如：天狼星稱為大犬座 α (α Canis Major)。

2.4 天體之亮度

- 星等 (Magnitude)：星等的數值越低代表星越光。

  例如：一等星比二等星更光；負一等星比零等星更光。

- 星等是量度光度 (Light intensity) (每秒於每平米內所接到得的能量) 的指標。
  - 使用對數尺度 (Log scale)：每星等大約相當於 2.512 倍的光度差。

    例如：一等星比二等星光 2.512 倍。

    二等星比四等星光 2.512×2.512 倍。

    相差五個星等 $= 2.512^5 = 100$倍光度。

- 視星等 (Apparent magnitude)：在地球量得之星等 (圖 2-10)。
  - 近的物體較亮，遠的物體較暗，因此視星等不能作為量度天體真實 (intrinsic) 光度的指標

    例如：近的燭光可能比遠的街燈看起來更光亮
  - 視星等只能量度星體的視 (apparent) 亮度，即於地面上接收到的光能量。

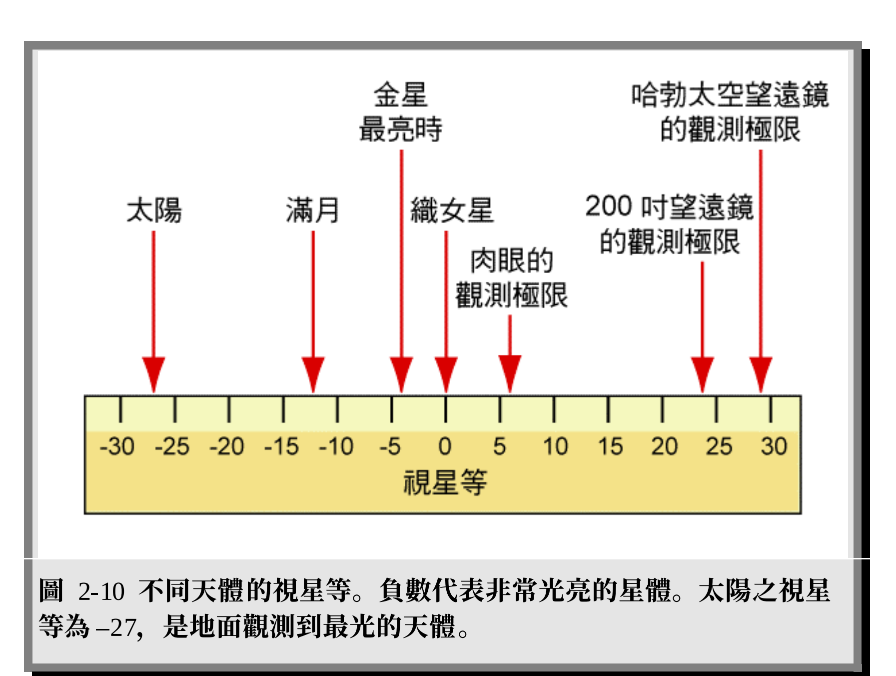


圖 2-10 不同天體的視星等。負數代表非常光亮的星體。太陽之視星等為 –27，是地面觀測到最光的天體。

- 絕對星等 (Absolute magnitude)：假設所有星體與地球的距離完全相同時所求得之星等。
  - 代表天體的真實光度，即天體所釋放的光能量。

2.5 行星 (Planet)

- 行星環繞太陽公轉，軌道近似圓形。
- 行星本身不能發光，它們只反射太陽光。
- 由於行星與地球的相對位置不斷改變，從地球上看，行星在好像在天球上相對於背景的恆星運動。
- 各行星與地球之公轉軌道差不多位於同一平面上 (圖 2-11)。
  - 從地球上看，行星總在黃道附近運動。以黃道為中心寬 18° 的區域稱為黃道帶 (Zodiac)，行星在此範圍內出現。

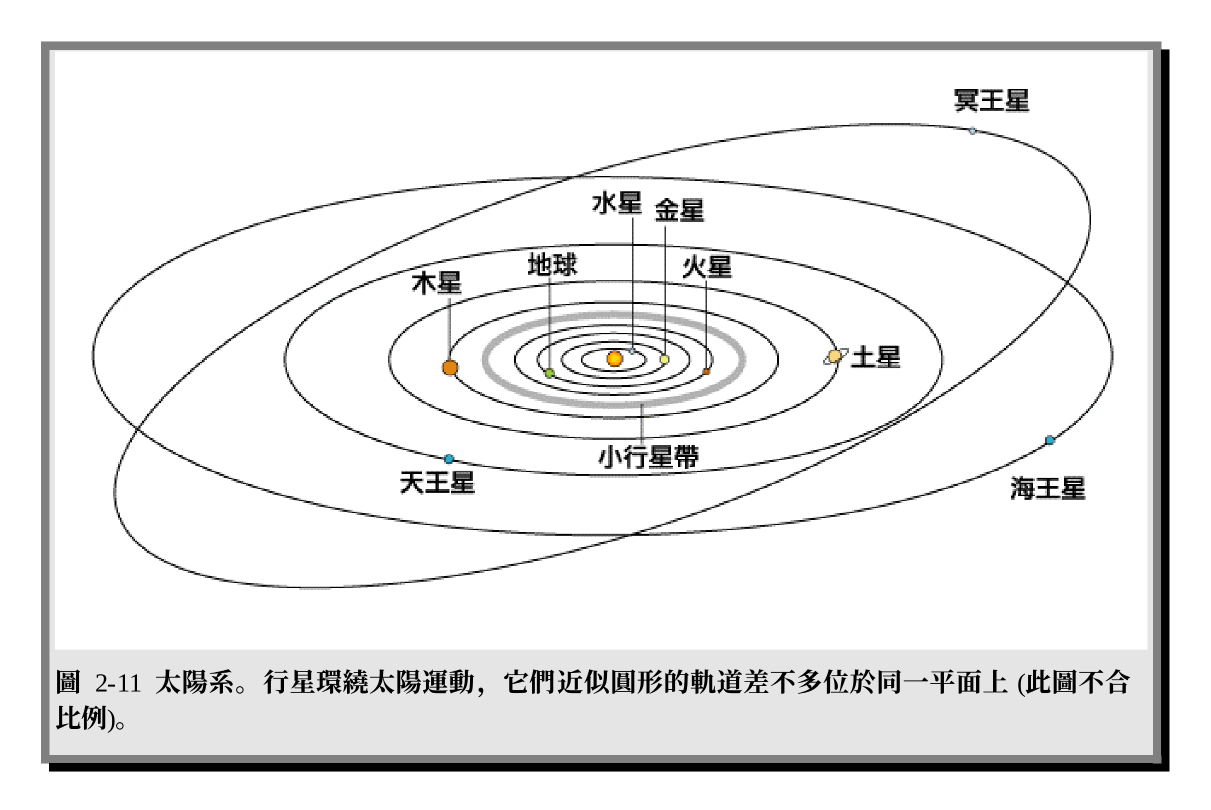


圖 2-11 太陽系。行星環繞太陽運動，它們近似圓形的軌道差不多位於同一平面上 (此圖不合比例)。

- 越近太陽的行星繞太陽公轉週期越短。

  例如：地球之公轉週期 = 1年；火星之公轉週期 ≈ 1.9年；

  土星之公轉週期 ≈ 29年。

- 內行星 (interior planet) (金星和水星) 比地球更接近太陽。
  - 從地球上看，內行星經常在太陽附近出現。
  - 內行星於日落後短暫地出現在西方地平線上 (稱為昏星) (Evening star)，或於日出前短暫地出現在東方地平線上 (稱為晨星) (Morning star) (圖 2-12)。
  - 夜半看不見金星和水星。

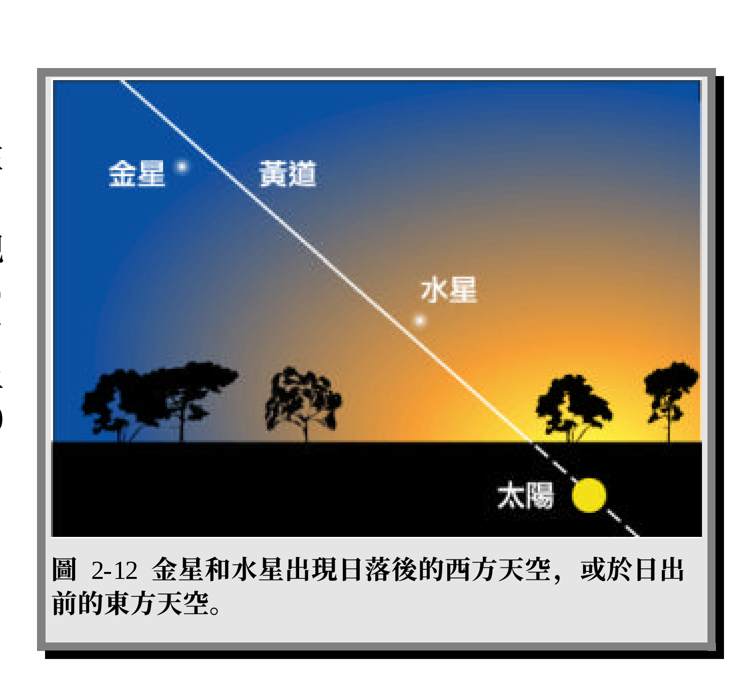


圖 2-12 金星和水星出現日落後的西方天空，或於日出前的東方天空。

2.6 四季

- 地球自轉軸傾斜 23.5° (圖 2-13)。當地球繞太陽運動時，自轉軸的方向幾乎保持不變，造成四季。
  - 六月左右，北半球傾向太陽，能接收多些陽光，因此是夏天。十二月左右，北半球偏離太陽，接收少些陽光，因此是冬天。
  - 南半球則剛好相反，六月左右是冬天，十二月左右是夏天。
- 地球環繞太陽公轉之軌道平面與赤道成 23.5° 的夾角。

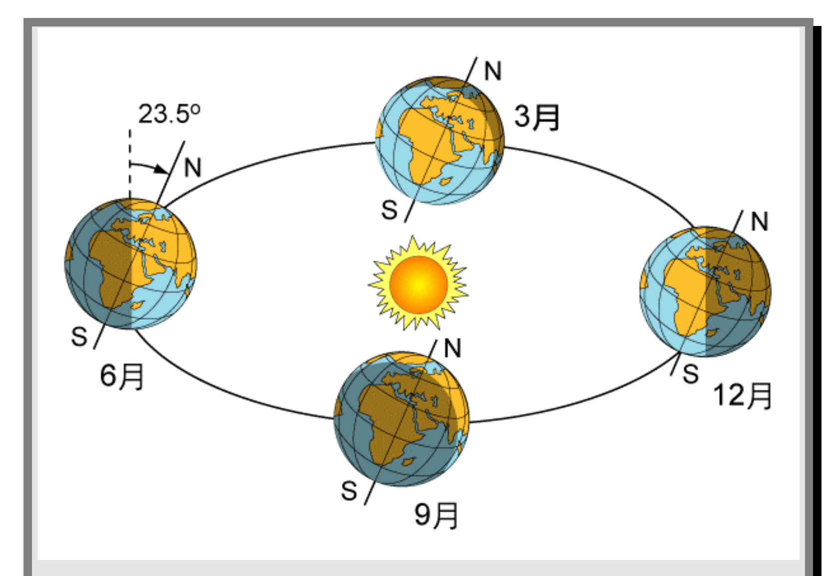


圖 2-13 地球自轉軸傾斜23.5°，造成四季循環不息。當地球繞太陽公轉時，自轉軸所指的方向保持不變。在六月，北半球比南半球接收更多陽光，故北半球是夏天，南半球是冬天。在十二月，情況剛好相反。

- 換個角度看，在天球上黃道 (地球軌道在天球上的投影) 亦和天赤道 (地球赤道在天球上的投影) 成 23.5° 角 (圖 2-14)。
- 太陽在天球上作週年運動，經過二分點及二至點
  - 春分點 (Vernal equinox)：太陽在這點橫過天赤道，向北移動。太陽約在 3 月 21 日經過這點，標誌著春天的開始。
  - 夏至點 (Summer solstice)：太陽在天球上可到達之最北處。太陽約在 6 月 22 日經過這點，標誌著夏天的開始。
  - 秋分點 (Autumnal equinox)：太陽在這點橫過天赤道，向南移動。太陽約在 9 月 22 日經過這點，標誌著秋天的開始。
  - 冬至點 (Winter solstice)：太陽在天球上可到達之最南處。太陽約在 12 月 22 日經過這點，標誌著冬天的開始。

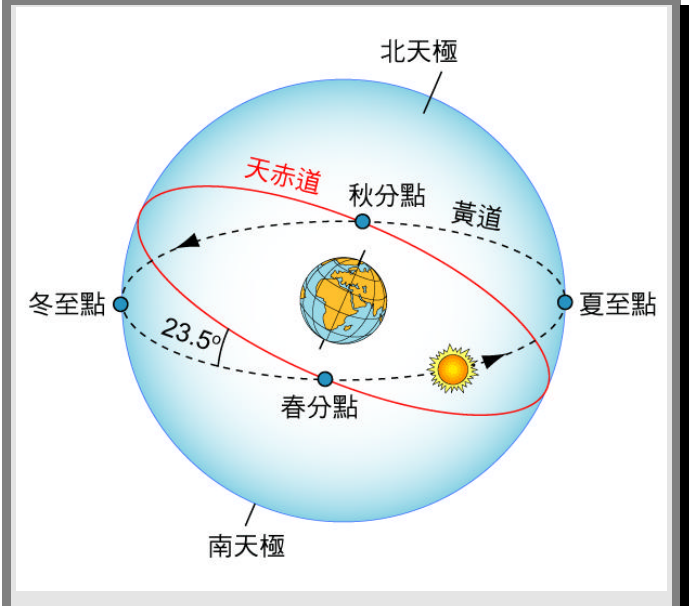


圖 2-14 太陽沿著黃道 (虛線) 於二分點 (春分點和秋分點) 橫過天赤道。二至點 (夏至點和冬至點) 是太陽可到達之最北處和最南處。

- 太陽在天球上的位置影響日照的長度，是四季天氣變化的主因。

- 在北半球的夏天，太陽在天赤道以北，故北半球日長夜短 (圖 2-15)。
- 在北半球的冬天，太陽在天赤道以南，故北半球日短夜長。

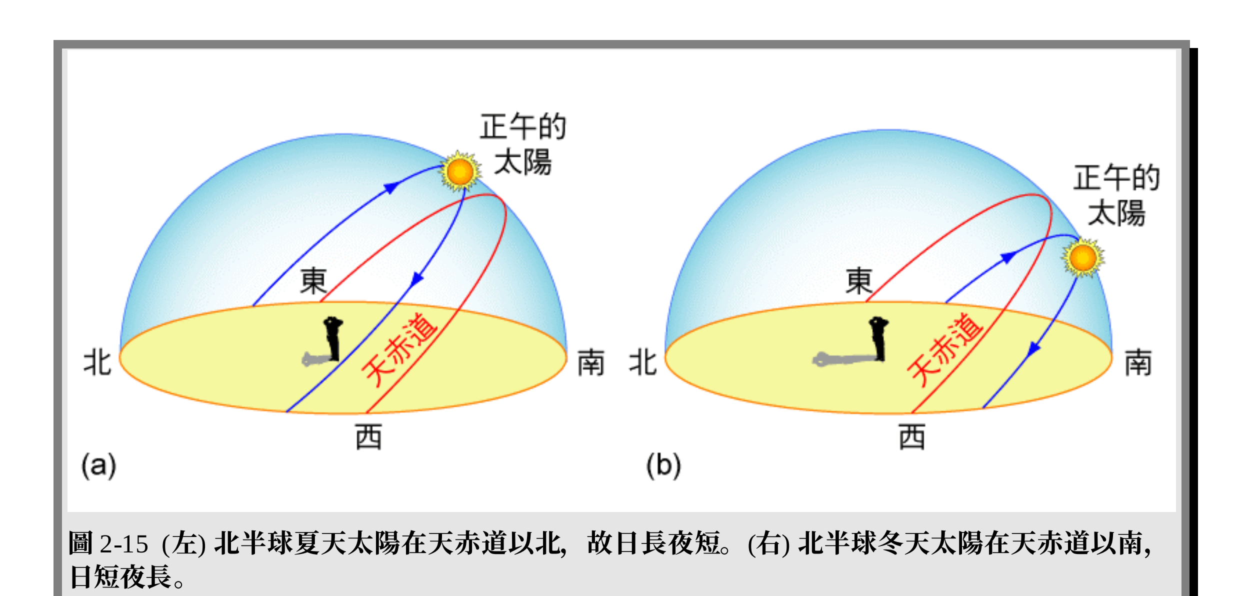


圖 2-15 (左) 北半球夏天太陽在天赤道以北，故日長夜短。(右) 北半球冬天太陽在天赤道以南，日短夜長。